

PAWEŁ PURGAŁ¹

JOANNA PASTERNAK²

Kielce University of Technology

¹ e-mail: ppurgal@tu.kielce.pl

² e-mail: pass@poczta.onet.pl

MIXED BIOMASS AS AN ALTERNATIVE ENERGY FUEL

Abstract

The use of biomass as a renewable energy source is applicable in the production of electricity and heat. The main fuel is wood in the form of fragmented wood, edgings, whirlpools, wood chips, sawdust, briquettes and pellets. This publication refers to the use of waste processing aspect of the food industry, as well as ready biofuel component in mixtures with sawdust. Tests of moisture content in analytical aspect of combustion heat were conducted. Analysis of the results shows that the energy potential of waste plant is possible to use in the combustion process, thus reducing wood consumption in the power generation sector.

Keywords: forest biomass, pomace fruit, vegetable waste, testing combustion heat, moisture study

1. Introduction

The waste originating from processing fruit and vegetable ceased to be a nuisance for most manufacturing plants. With the support from EU funds dryers were created. The dried assortment is used in the food industry, agriculture and energy. Although it has different physical and chemical parameters, the research conducted in the field of energy efficiency shows that solid biofuel from waste involving fruit and forest biomass can successfully replace coal in energy production. There are, however, obstacles in technological manufacture of pellets or briquettes with certain types of agro-waste. Pomace from fruit characterized by different degrees of viscosity, flow ability, differ by the addition of pectin, resins or organic compounds, factors which determine the possibility of their pelleting without binding additives. Therefore, a proposal of mixes testing becomes justified, consisting of loose pomace and sawdust containing a resin component as a factor naturally assemblage components.

2. Research on moisture and heat of combustion conducted on mixed biomass

Analytical studies of moisture and heat of combustion were carried out in a laboratory at the Faculty of Environmental, Geomatics and Energy

Engineering in Kielce. The study was a mixture of various kinds of biomass with a percentage: 50% pomace from fruit or other plant biomass and 50% sawdust. The drying process was conducted by the use of the dryer. In order to obtain the fraction of < 0.2 mm biomass is ground in a mill intended for that purpose, and then sieved through a sieve. Samples of the same mixtures were dried in three ceramic crucibles, reading the weighing results every half hour until stabilization of the weight ± 0.001 g each of them in accordance with the applicable standard [1].

3. Pelleting blends agro sawdust

Characteristics of the material component is extremely important in achieving a durable fuel. Pellets of pure sawdust with a diameter of 6 mm or 8 mm were formed at the pellet production machine resulting in ready biofuel. However, some types of pomace are not possible to combine without the direct pelletizing binder, because they are too dry and free flowing. Such a process ends up getting only approx. 10% of the unstable pellet which is formed under pressure in the device. As a result of this treatment most of the biomass remains in their original form. The pomace from raspberries, aronia, currants and strawberries require sawdust mixed with resin, which will retain the cohesiveness of pellets

(Fig. 1, Fig. 2). Currently, the experimental phase is the percentage of sawdust mixed with different types of waste processing. The amount of binder resin must be selected so that the pellet is stable both during transport to the receiver, and during the loading tray in the oven as well as the mechanical process of biomass feed to the combustion chamber.



Fig. 1. Pellets from sawdust coniferous-deciduous



Fig. 2. Pellets from sawdust and strawberries



Fig. 3. Pellets from sawdust and raspberries



Fig. 4. Pellets from sawdust and currants

The blend (Fig. 3, Fig. 4) involving dry pomace fine fraction to a few millimeters, but also the fractions of particulate form finer pellet length of from 0.5 cm to 1 cm and more brittle. Hence, it is experimentally proved that it is reasonable to increase the share of sawdust conifers to provide more permanent structural biomass intended for combustion.

4. Humidity and heat of combustion study of biomass mixtures

The combustion heat test held in the calorimeter KL-12 involving pure oxygen, where samples of 1 g were burnt. The results were averaged in the case of a calorific value of the difference of at most 130 J/g in accordance with the standard [2].

Table 1. Study of moisture and heat from biomass combustion mixtures

The mix of participation 50% biomass and 50% sawdust	Average analytical moisture content [%]	Average value combustion heat [MJ/kg]
mix with pear pomace	6.92	23.24
mix with apple pomace	7.13	23.98
mix with red currant	7.12	23.68
mix with chokeberry	7.54	23.29
mix with walnut shells	7.19	23.90
mix with seeds of cherry	7.00	24.30
mix with strawberries	6.26	23.73
mix with raspberries	5.69	25.74
mix with black currant	7.14	24.26

The test results set out in Table 1 show that moisture analytical sample of compound plant biomass 50% wood shavings 50% is below 7.6%. The smallest value of a blend of raspberry pomace with sawdust 5.69%. The test samples also show a high calorific value of more than 23.20 MJ/kg. The highest value of 25.74

MJ/kg was observed by burning a mixture of dried raspberries with sawdust. Not always pomace or mix with lower moisture content have the highest calorific values at the same time. For example, ground cherry stones in 50% share of sawdust humidity 7.00% are characterized by the size of the heat of combustion order of 24.30 MJ/kg. Each of the nine samples tested is derived mostly from various plant species. Mixtures are characterized by the combustion heat in the range of 23.2-25.7 MJ/kg, whereas a measurable value for the marc contained in the range of 22.5 MJ/kg to 26.5 MJ/kg, recorded in the laboratory prior to analysis blends.

Table 2. The heat of combustion of plant biomass

Type of biomass	Average value combustion heat [MJ/kg]
pomace of pears	22.55
pomace of apple	23.79
pomace of red currants	25.02
pomace of chokeberry	24.46
shell walnuts	24.87
cherry pits	23.04
pomace of strawberries	24.19
pomace of raspberries	26.53
pomace of black currants	24.18

The results of the heat of combustion research of mix with sawdust revolve around the results obtained for the marc, peanut hulls, the seed of a cherry. The table above average calorific value contains the lowest values for pomace pears, which is the same (Table 1) for a mixture of these with sawdust. Raspberries have the highest value as in the case of the test mixtures with their participation. By analyzing the comparative performance of the two statements, it may be noticed that some of the pomace with high energy values slightly decreases when mixed with sawdust, but some samples tested gains in the amount of MJ/ton acting component of the mixture.

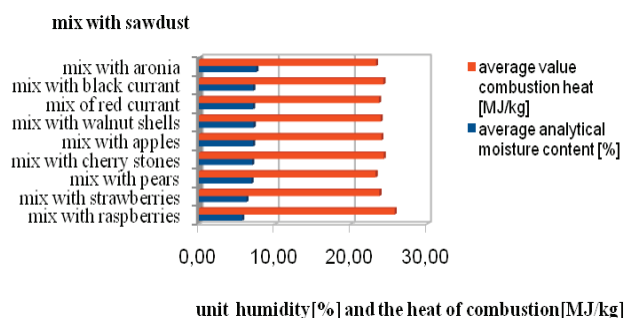


Fig. 5. Graph of the analytical moisture and heat of combustion of biomass

5. Technological conditions for the production of pellets

Biofuels plant both pellets and briquettes are produced with the participation of the binder in various forms. According to patent No. PL165547 pellets contain pitch and asphalt, which is inconsistent with the principles of environmental protection. Polish patent No. PL 194593 for briquetting fine coal, coke, sawdust, peat or straw, adhesive in the form of collagen derived from animal hides were applied. However, UK 174678 and UK 174,972 distinguish starchandits derivatives modified with resin, urea – formaldehyde as a binder. The variety of bonding additives is determined by the level of moisture biomass [3]. In view of the conditions relating to the use of fully organic fuel without additives or mixtures, it was decided on the basis on the natural properties of the components used in the study, to design mixtures which will optimize using a mixture of dried fruit with sawdust and forestry. Noticeably low moisture components level will increase the density of the material subjected to the process of pelletizing, which will translate to reach the resin binder for loose particles pomace. Additional factors that provide consolidation of the waste oils particles are fruit and pectin, which, despite the humidity to 10% are effective in the process of compression under pressure.

6. The use of biomass in Poland

In Poland, the increase in biomass of various origin as a renewable energy source is observed. According to data from the Energy Regulatory Office for 2014 power plant biomass amounted to 995.2 MW while in 2015 amounted to 1,103.115 MW [4]. Not only the big energy companies but also the local district heating in housing estates and individual clients use pellets or briquettes from biomass combustion process instead of fossil fuels. Not without significance is the fact that in Poland the production of structural wood generates waste possible to direct or indirect use. Fruit and vegetables processing industry has expanded its offer with-dried pomace which energetic use is becoming more common. Industrial waste turns out to be high-energy biofuel that is used in the individual combustion or incineration with other solid fuels and gas. Every region in the country has processing plants, from which the waste can be used locally as an energy source. Plant dryers were built where the pomace drying process take place to the humidity level to 15%, and thus it is possible to use it in furnaces and boilers biomass.

On the Polish territory there is a big availability in obtaining raw material waste without the necessity to invest high costs for transport from remote regions. Raw material base for the production of pellets or briquettes is varied. Laboratory tests conducted at Kielce University of Technology, prove the possibilities of using forest biomass energy, combined with agro-biomass waste and process ability. Not without significance this type of biomass is very popular in the fuel market, because it has many advantages that enable it to replace coal in the production of electricity and heat, and they are:

- local availability of waste,
- moisture sufficient for the production of pellets or briquettes,
- high calorific value,
- reducing greenhouse gas emissions compared with coal,
- negligible amount of dust emission of 0.10-0.26 kg/h for selected pomace (1.14 kg/h of coal) [5],
- a negligible amount of ash based on the operational state: about 3.5% (18.66 ±3.32 for carbon) [5],
- ease of loading and transport.

According to the research work of the Institute of Wood Technology, in the wood processing factories in Poland, it is formed approx. 7.5 million m³ of waste of all kinds. After using it only by wood industry approx. 3 million m³ are left to use. By 2020 it is expected that the direct and indirect supply of wood biomass for energy purposes will amount to a total of over 12 thousand tons. Biodegradable industrial waste is estimated to the same prospect in amount more than one thousand tons [6].

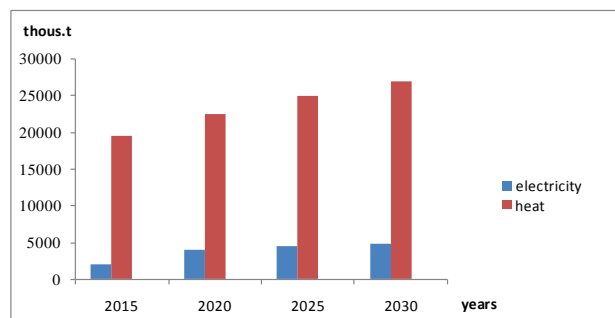


Fig. 6. The demand for biomass by National Action in the Field of Renewable Energy is shaped by the values shown below, broken down into electricity and heat [7]

7. Conclusions

Manufacturing processes and processing carried out in the various branches of the national economy generate waste that can be used at very little expense,

for example in the wider energy sector. The exchange of fuel from fossil to biomass in power plants, power plants and heating plants in residential areas has been present for a long time. Some plants produce energy burn only biomass in perennial cycle or part thereof, other co-incinerate biomass with coal dust or gas. The problem is consumers who continue to use the fuel in the form of coal, which is burdensome for the environment, especially in large urban areas. Energy use offer of forest and agro biomass is addressed to companies producing electricity and heat in urban and rural settlements and to companies offering biofuels as sales product as well as to individual customers. Innovative solutions in heating boilers for biomass have to use high-efficient assortment with favorable physical parameters, which in the combustion process obtains the expected thermal power. Optimization of quantitative and qualitative should translate well to the account of the overall economic process of acquiring, processing and use of biofuels. If the cost of replacing the existing energy carrier can be replaced at the expense of biofuels, whose efficiency is found to be sufficient to achieve the objective utility aim, then it will be possible to speak about full success in the renewable energy sector.

References

- [1] PN-EN ISO 18134-1:2015: Biopaliwa stałe. Oznaczenie zawartości wilgoci. Metoda suszarkowa.
- [2] PN-EN ISO 1928:2002: Paliwa stałe. Oznaczenie ciepła spalania metodą spalania w bombie kalorymetrycznej i obliczanie wartości opałowej.
- [3] http://www.malopolskaoze.pl/publicystyka_zbior/pellet_biomasowo_%E2%80%933_odpadowy,_sposob_jego_wytwarzania__d5570_pol.html
- [4] odnawialnezrodlaenergii.pl/oze/1436-moc-zainstalowana-oze
- [5] Borycka B.: *Walory ekologiczne spalania biomasy z odpadów owocowo-warzywnych*, Energetyka nr 12/2009, s. 848.
- [6] Świtalska K., Pawlak S.: *Strategia popularyzacji biomasy D4.14. Intelligent Energy Europe for a sustainable future*, Wielkopolska Agencja Zarządzania Energią.
- [7] Grzybek A.: *Biomasa w energetyce*, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Oddział Warszawa, Poznań 2011.

Paweł Purgał
Joanna Pasternak

Mieszanki biomasowe jako alternatywne paliwo energetyczne

1. Wstęp

Odpad pochodzący z przetwórstwa owocowego oraz warzywnego przestał już być uciążliwością dla większości zakładów produkcyjnych. Przy wparciu funduszy unijnych powstały przyzakładowe suszarnie. Wysuszony sortyment znajduje zastosowanie w przemyśle spożywczym, rolniczym, a także energetycznym. Mimo iż posiada on zróżnicowane parametry fizyczne oraz chemiczne, to badania realizowane w zakresie efektywności energetycznej wykazują, iż biopaliwo stałe z udziałem odpadów owocowych i biomasy leśnej może z powodzeniem zastąpić węgiel kamienny w procesie wytwarzania energii. Istnieją jednak przeszkody natury technologicznej w wyprodukowaniu peletu czy brykietu z niektórych rodzajów agro-odpadu. Wytłoki z owoców charakteryzują się odmiennym stopniem lepkości, sypkości, ponadto różnią się zawartością pektyn, żywicy czy związków organicznych, które to czynniki determinują możliwość ich peletowania bez dodatków wiążących. Zatem zasadna staje się propozycja badania mieszanek, składających się z sypkich wytłoków i trocin drzewnych, zawierających składnik żywiczny jako czynnik naturalnie scalający komponenty.

2. Badania wilgotności i ciepła spalania prowadzone na mieszanekach biomasy

Badania wilgotności analitycznej oraz ciepła spalania zostały przeprowadzone w laboratorium na Wydziale Inżynierii Środowiska Geomatyki i Energetyki w Kielcach. Badaniu poddano mieszanki różnego rodzaju biomasy przy udziale procentowym: 50% wytłoków owocowych lub innej biomasy roślinnej i 50% trociny. Proces suszenia przeprowadzono z wykorzystaniem metody suszarkowej. W celu uzyskania frakcji < 0,2 mm biomase mielono w młynku przeznaczonym do tego celu, a następnie przesiano przez sito. Próbkę tych samych mieszanek suszono w trzech ceramicznych tyglach, odczytując wyniki ważenia co pół godziny, aż do ustabilizowania masy $\pm 0,001$ g w każdym z nich, zgodnie z obowiązującą normą [1].

3. Peletowanie mieszanek agrobiomasy z trociną

Charakterystyka materiału komponentowego jest niezwykle istotna w uzyskaniu trwałego paliwa. Pelety z czystych trocin o średnicy 6 mm lub 8 mm zostały uformowane w zakładzie produkcyjnym w maszynie do peletowania, czego efektem jest gotowe biopaliwo. Natomiast niektóre rodzaje wytłoków nie są możliwe do bezpośredniego peletowania bez użycia lepiszcza, gdyż są zbyt suche i sypkie. Proces taki kończy się uzyskaniem jedynie ok. 10% nietrwałego peletu, który powstaje pod wpływem ciśnienia w urządzeniu. W efekcie takiej obróbki większość biomasy pozostaje w pierwotnej formie. Wytłoki z malin, aronii, porzeczek czy truskawek wymagają zmieszania z żywiczną trociną, która zachowa spistość peletu. Obecnie fazą doświadczalną jest procentowy udział trocin w mieszance z poszczególnymi rodzajami odpadów przetwórczych. Ilość spoiwa w postaci żywicy musi być tak dobrana, aby pelet był trwały zarówno w czasie transportu do odbiorcy, jak i podczas załadunku podajnika w piecu oraz podczas procesu mechanicznego podawania biomasy do komory spalania.

Przedstawione mieszanki (rys. 3, rys. 4) z udziałem suchych wytłoków o drobnych frakcjach do kilku milimetrów, ale również frakcjach pyłowych, tworzą pelet drobniejszy o długości od 0,5 cm do 1 cm i bardziej kruchy. Stąd doświadczalnie uzasadnione jest zwiększenie udziału trocin iglastych zapewniających trwalszą strukturalnie biomase, przeznaczoną do procesu spalania.

4. Badanie wilgotności i ciepła spalania mieszanek biomasy

Badanie ciepła spalania mieszanek odbywało się w kalorymetrze KL-12 z udziałem czystego tlenu, gdzie spalano próbki o masie 1 g. Otrzymane wyniki uśredniano w przypadku uzyskania wartości ciepła spalania o różnicy co najwyżej 130 J/g, zgodnie z normą [2].

Wyniki badań zawarte w tabeli 1 wykazują, że wilgoć analityczna próbek mieszanek biomasy roślinnej 50% z trocinami drzewnymi 50%, kształtuje się poniżej 7,6%. Najmniejszą wartość posiada mieszanka wytlóków z malin z trocinami – 5,69%. Badane próbki wykazują jednocześnie wysokie wartości ciepła spalania, tj. powyżej 23,20 MJ/kg. Najwyższą wartość 25,74 MJ/kg zaobserwowano, spalając mieszankę suszu z malin z trociną. Nie zawsze wytloki owocowe lub mieszanki, mając niższe wartości wilgoci posiadają jednocześnie najwyższą kaloryczność. Przykładowo zmielone pestki wiśni w 50% udziale z trociną przy wilgotności 7,00% charakteryzują się wielkością ciepła spalania rzędu 24,30 MJ/kg. Każda z dziewięciu przebadanych próbek pochodzi w większości z różnych gatunkowo roślin. Mieszanki charakteryzują się ciepłem spalania w zakresie $23,2 \div 25,7$ MJ/kg, podczas gdy wartości mierzalnej dla samych wytlóków zawierały się w przedziale $22,5$ MJ/kg \div $26,5$ MJ/kg, odnotowanym podczas badań laboratoryjnych, poprzedzających analizę mieszanek.

Wyniki badań ciepła spalania mieszanek z trociną liściasto-iglastą oscylują wokół wyników uzyskanych dla samych wytlóków, łupin z orzechów czy pestek z wiśni. Tabela średnich wartości ciepła spalania (Tab. 2) zawiera najniższe wartości dla wytlóków z gruszek, co przekłada się analogicznie (Tab. 1) dla mieszanki z trociną. Wartość najwyższą wykazują maliny, podobnie jak w przypadku badanej mieszanki z ich udziałem. Analizując porównawczo wyniki z obu zestawień, można zauważyć, że część wytlóków, charakteryzując się wysokimi wartościami energetycznymi, nieznacznie je obniża po zmieszaniu z trociną, jednak część badanych próbek zyskuje na ilości MJ/tonę, stanowiąc komponent danej mieszanki.

5. Technologiczne uwarunkowania produkcji peletu

Biopaliwa pochodzenia roślinnego zarówno pelety, jak i brykiety są produkowane z udziałem lepiszcza różnej postaci. Według patentu nr PL165547 brykiety z biomasy zawierają pak i asfalt, co jest niezgodne z zasadami ochrony środowiska naturalnego. W polskim opisie patentowym nr PL 194593 do brykietów z miazgi węglowej, koksu, trociny, torfu czy słomy zastosowano lepiszcze w postaci kolagenu, uzyskanego ze skór zwierzęcych. Z kolei PL 174678 i PL 174972 wyróżniają jako spoiwo skrobię i jej pochodne modyfikowane dodatkowo żywicą mocznikowo-formaldehydową. Różnorodność domieszek spajających jest determinowana poziomem zawilgocenia biomasy

[3].

Z uwagi na uwarunkowania związane z wykorzystaniem paliwa w pełni ekologicznego bez dodatków czy domieszek, postanowiono w oparciu o naturalne właściwości zastosowanych w badaniach komponentów, zaprojektować mieszanki optymalnie wykorzystujące udział suszu owocowego oraz trociny leśnej. Zauważalnie niski poziom wilgoci elementów składowych pozwoli na zwiększenie zagęszczenia materiału poddanego procesowi peletowania, co przełoży się na dotarcie żywicznego lepiszcza do sypkich cząstek wytlóków. Dodatkowymi czynnikami, zapewniającymi scalenie cząstek odpadów owocowych, będą oleje i pektyny, które mimo wilgotności do 10% pozostają efektywne w procesie sprasowania pod ciśnieniem.

6. Wykorzystanie biomasy w Polsce

W Polsce obserwuje się wzrost energetycznego wykorzystania biomasy różnego pochodzenia jako odnawialne źródło energii. Według danych URE na 2014 rok moc instalacji biomasowych wynosiła 995,2 MW, podczas gdy w 2015 roku wynosiła 1103,115 MW [4]. Nie tylko duże zakłady energetyczne, ale lokalne ciepłownie osiedlowe, a także klienci indywidualni wykorzystują pelety czy brykiety z biomasy do procesu spalania zamiast paliw kopalnych. Nie bez znaczenia pozostaje fakt, iż w Polsce produkcja drewna konstrukcyjnego generuje odpady możliwe do pośredniego lub bezpośredniego wykorzystania. Przemysł przetwórczy owoców i warzyw poszerzył swoją ofertę o podsuszone wytloki, których wykorzystanie energetyczne jest coraz bardziej powszechne. Odpady przemysłowe okazują się być wysokoenergetycznym biopaliwem, które wykorzystywane jest w indywidualnym procesie spalania lub współspalania z innymi paliwami stałymi i gazowymi. Każdy region w kraju posiada zakłady przetwórcze, z których odpady można wykorzystywać lokalnie jako źródło energii. Powstają przyzakładowe suszarnie, które oferują towar posiadający poziom wilgotności do 15%, a więc możliwy do wykorzystania w piecach i kotłach biomasowych. Na terenie Polski istnieje duża dogodność w pozyskaniu surowca odpadowego, bez konieczności inwestowania wysokich nakładów finansowych na transport z odległych regionów.

Baza surowcowa do produkcji peletów czy brykietów jest zróżnicowana. Badania laboratoryjne przeprowadzone na Politechnice Świętokrzyskiej w Kielcach dowodzą możliwości wykorzystania energetycznego biomasy leśnej, łączonej z agrobiomasą i odpadami przetwórczymi. Nie bez powodu ten

rodzaj biomasy cieszy się dużym zainteresowaniem na rynku paliw, posiada on bowiem wiele zalet, które pozwalają na zastąpienie nim węgla kamiennego w procesie wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej, a są to:

- lokalna dostępność odpadów
- wilgotność wystarczająca do produkcji peletu czy brykietu
- wysokie wartości ciepła spalania
- zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych w porównaniu z węglem
- znikoma ilość emisji pyłu $0,10 \div 0,26$ kg/h dla wybranych wyłoków (1,14 kg/h dla węgla) [5]
- znikoma ilość popiołu w przeliczeniu na stan roboczy: do ok. 3,5% ($18,66 \pm 3,32$ dla węgla) [5],
- łatwość załadunku i transportu.

W istniejących w Polsce zakładach przemysłowych przerobu drewna, według prac badawczych Instytutu Technologii Drewna, powstaje ok. 7,5 mln m³ odpadów różnego rodzaju. Po wykorzystaniu go przez sam przemysł drzewny pozostaje do wykorzystania ok. 3 mln m³. Na 2020 rok przewiduje się, że bezpośrednio i pośrednio dostawy biomasy drzewnej na wykorzystanie do celów energetycznych wyniosą łącznie ponad 12 tys. ton. Odpady przemysłowe ulegające biodegradacji szacuje się na tę samą perspektywę w ilości ponad 1 tys. ton [6].

7. Podsumowanie

Procesy wytwórcze i przetwórcze, realizowane w różnych gałęziach gospodarki krajowej, generują odpady, które mogą być wykorzystane przy niewielkich nakładach finansowych, m.in. w szeroko rozumianej energetyce. Od dłuższego czasu następuje wymiana paliwa z kopalnego na biomasowe w elektrowniach, elektrociepłowniach oraz w ciepłowniach osiedlowych. Niektóre zakłady produkcji energii spalają tylko biomasę w całorocznym cyklu lub jego części, inne współspalają biomasę z miałem węglowym lub gazem. Zostaje problem klientów indywidualnych, którzy nadal korzystają z opału w postaci węgla kamiennego, co jest uciążliwe dla środowiska naturalnego, szczególnie w dużych aglomeracjach miejskich. Oferta energetycznego wykorzystania biomasy leśnej i agrobiomasy skierowana jest do przedsiębiorstw, produkujących energię elektryczną i ciepłą w miejskich i wiejskich jednostkach osadniczych oraz do firm oferujących biopaliwa jako produkt sprzedażowy, a także do klienta indywidualnego. Innowacyjne rozwiązania kotłów grzewczych na biomasę mają na celu wysoce efektywne wykorzystanie sortymentu

o korzystnych parametrach fizycznych, który w procesie spalania uzyska oczekiwaną moc cieplną. Optymalizacja ilościowa i jakościowa powinna przekładać się również na rachunek ekonomiczny całościowego procesu pozyskiwania, przetwarzania i wykorzystania biopaliwa. Jeśli koszt zastąpienia dotychczasowego nośnika energii uda się zastąpić kosztem biopaliwa, którego wydajność okaże się być wystarczająca do osiągnięcia założonego celu użytkowego, wówczas będzie można mówić o pełnym sukcesie w sektorze odnawialnych źródeł energii.